

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-365806

(43)Date of publication of application : 18.12.2002

(51)Int.Cl.

G03F 7/095

G03F 7/11

G03F 7/20

G03F 7/38

H01L 21/027

(21)Application number : 2001-172790

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED
INDUSTRIAL & TECHNOLOGY
SHARP CORP
TDK CORP

(22)Date of filing : 07.06.2001

(72)Inventor : KUWABARA MASASHI
NAKANO TAKASHI
TOMINAGA JUNJI
ATODA NOBUFUMI
CHRISTPHE MIHALCEA
FUJI HIROSHI
KIKUKAWA TAKASHI

(54) FINE PATTERN DRAWING MATERIAL, DRAWING METHOD USING THE SAME AND FINE
PATTERN FORMING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fine pattern drawing method and a fine pattern forming method capable of microfabrication far below the diffraction limit without requiring a large-sized equipment, not accompanied by the deformation or evaporation of a resist material due to a sudden temperature rise, capable of extending the range of usable light and usable in combination with the existing photolithography, and to provide a new material used in the methods.

SOLUTION: The fine pattern drawing material is obtained by disposing a layer which absorbs light and converts it into heat and a photosensitive and heat sensitive material layer on a substrate. In the fine pattern drawing method, a fine pattern is drawn using the material by irradiation with light. In the fine pattern forming method, pattern drawing is carried out using the fine pattern drawing material by irradiation with light and exposure and development are further carried out.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of
rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-365806

(P2002-365806A)

(43) 公開日 平成14年12月18日 (2002. 12. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 3 F 7/095		G 0 3 F 7/095	2 H 0 2 5
	7/11 5 0 1		7/11 5 0 1 2 H 0 9 6
	7/20 5 0 5		7/20 5 0 5 2 H 0 9 7
	7/38 5 1 1		7/38 5 1 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 R
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-172790 (P2001-172790)

(22) 出願日 平成13年6月7日 (2001. 6. 7)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所

東京都千代田区霞が関1-3-1

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(74) 代理人 100071825

弁理士 阿形 明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細パターン描画材料、それを用いた描画方法及び微細パターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 大規模の装置を必要とせずに、回折限界よりはるかに小さい微細加工が可能で、急激な熱上昇によるレジスト材料の変形や蒸発を伴うことなく、かつ使用可能な光の範囲を拡大することができ、しかも既存の光リソグラフィ法と組み合わせることができる微細パターン描画方法及び微細パターン形成方法とそれに用いる新規な材料を提供する。

【解決手段】 基板上に、光吸収熱変換層と光及び熱感応性物質層を設けてなる微細パターン描画材料、これを用いて光照射により描画する微細パターン描画方法、及びこの微細パターン描画材料を用いて、光照射によりパターン描画を行ったのち、さらに露光処理及び現像処理を行う微細パターン形成方法である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、光吸収熱変換層と光及び熱感応性物質層を設けてなる微細パターン描画材料。

【請求項2】 基板がその表面に基板保護層を有する請求項1記載の微細パターン描画材料。

【請求項3】 光吸収熱変換層と光及び熱感応性物質層との間に熱保護層を介挿した請求項1又は2記載の微細パターン描画材料。

【請求項4】 光及び熱感応性物質層上にキャップ層を設けてなる請求項1ないし3のいずれかに記載の微細パターン描画材料。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の微細パターン描画材料を用い、光照射により描画することを特徴とする描画方法。

【請求項6】 光照射と同時に加熱する請求項5記載の描画方法。

【請求項7】 請求項5又は6記載の方法によりパターン描画を行ったのち、さらに露光処理及び現像処理を行うことを特徴とする微細パターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光及び熱感応性物質を利用した新規な微細パターン描画材料、それを用いる描画方法及び微細パターン形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路や光ディスク原盤のような電子、電気部品の製造に際し、真空紫外光(VUV)、X線などを用いる光リソグラフィ法のような微細パターン描画方法についての研究が盛んに行われ、現在ではこれらの技術を用いて線幅0.1 μm 以下の微細パターンが実現しており、数年後の実用化が期待されている(電気学会技術報告第770号、「先端リソグラフィ技術の開発動向」参照)。

【0003】ところで、現在、電子、電気部品製造用のレジストパターンは、所定のマスクパターンを通して感光性レジスト膜に活性光を照射して画像を形成したのち、現像することによって作製されているが、形成されるレジストパターンの最小寸法は、光の回折により制限されるため、実用上は使用波長を若干下回る程度の寸法が限度となっている。ところで、この回折限界は、使用する光の波長とレンズの開口数に依存し、波長の短い光を用いるほど、またレンズの開口度を大きくするほど限界値を小さくすることができるが、レンズの開口度を増大させることは、技術上ほぼ限界に達しているため、現在ではもっぱら波長の短い光を使用することにより、レジストパターンの微細化をはかる方向に進んでいる。

【0004】このため、深紫外光、レーザー光、軟X線などを用いた新しい露光技術に対する研究が行われ、KrFエキシマレーザやArFエキシマレーザを用いて寸

法150nm前後の微細化が可能になったが、高性能光源の開発、光学材料やレジスト材料における特性の改善など付随する周辺技術についての解決しなければならない上に、20nm以下のラインアンドスペースをもつ微細レジストパターンを得るには、大規模な装置を必要としたり、特殊な材料を用いて煩雑な操作を行わなければならないため、コスト高になるのを免れない。

【0005】また、電子線リソグラフィ法は、電子線を使用するため、光に比べて、はるかに微細な加工が可能であり、数nmの加工寸法が実現しているが、電子線の加速や偏向を真空中で行わなければならないため、装置が大型化する上に、数10kVという高い加速電圧を用いるため安全性についての配慮が必要になる結果、コスト高になるのを免れない。

【0006】このような従来の微細パターン描画方法がもつ欠点を克服するために、種々のパターン描画方法が提案されている。例えばレーザー光をカルコゲン化合物に照射して熱を発生させ、カルコゲン化合物中に結晶状態の差を発生させてパターンを描画する方法(特願平8-249493号)が提案されている。そして、この方法では、その後で結晶状態の違いによるエッチングレートを利用して微細加工するものである。この方法は回折限界を超えたパターン描画が可能であるが、結晶状態の違いによるエッチングレートの差が極めて小さい上、カルコゲン化合物の膜は必ずしも均一でないため、同じ結晶状態の膜でもエッチングレートが異なり、特に粒界部分が先にエッチングされることにより品質のよい微細パターンを得ることは困難である。また、カルコゲン化合物を必ず用いなければならないため、半導体の微細加工には適用できないし、カルコゲン化合物の変形に起因するトラブルも避けられないという欠点がある。

【0007】そのほか、レーザーによる直接描画用のレジスト材料を用いる方法も提案されている。これは、それ自体が光を吸収し、発熱する物質で作られているレジストを用いる方法であるが、この方法では、せいぜい数 μm の加工寸法が得られるにすぎない上に、加工寸法が小さくなると急激な熱上昇によりレジスト材料が変形したり、蒸発するというトラブルを生じる。しかもレジスト材料としては、熱のみに感応するものが用いられるため、半導体デバイス製造に広く利用されている光リソグラフィ法を組み合わせることができない。さらに、ここで用いられるレジストは、特定の波長のみを吸収し、熱を発生するため、ごく限られた波長の光しか使用できないという欠点がある。また、半導体デバイス製造に汎用されているレジスト材料も、熱による直接描画用レジスト材料と同様に使用可能な波長は限られるという欠点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような従来方法がもつ欠点を克服し、大規模の装置を必要とせ

ずに、回折限界よりはるかに小さい微細加工が可能で、急激な熱上昇によるレジスト材料の変形や蒸発を伴うことなく、かつ使用可能な光の範囲を拡大することができ、しかも既存の光リソグラフィー法と組み合わせることができる微細パターン描画方法と微細パターン形成方法とそれに用いる新規な材料を提供することを目的としてなされたものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、微細なパターンを形成するための新規な方法を開発するために鋭意研究を重ねた結果、絞られた光のスポット内の光強度が強度分布を有し、これに対応した熱分布を形成することを利用し、光吸収熱変換層を併用して光を熱に変換し、発生した熱で光及び熱感応性物質に反応を励起させる光励起による方法と既存の光リソグラフィー法とを組み合わせることにより、所望の微細なパターンを容易に形成しうることを見出し、この知見に基づいて本発明をなすに至った。

【0010】すなわち、本発明は、基板上に、光吸収熱変換層と光及び熱感応性物質層を設けてなる微細パターン描画材料、これを用いて光照射により描画する微細パターン描画方法、及びこの微細パターン描画材料を用いて、光照射によりパターン描画を行ったのち、さらに露光処理及び現像処理を行うことを特徴とする微細パターン形成方法を提供するものである。なお、本発明において、パターン描画とは、光及び熱感応性物質層内の所定領域での反応によりパターンを描くことを意味し、パターン形成とは、パターン描画後、現像処理して基体上にパターンを担持した構造体を形成させることを意味する。

【0011】

【発明の実施の形態】次に、添付図面により本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の微細パターン描画材料の構造の1例及びそれを用いた描画方法の原理を示す断面説明図である。微細パターン描画材料は基板1の上に基板保護層2を介して光吸収熱変換層3及び光及び熱感応性物質層4を順次積層した構造を有している。このような構造をもつ微細パターン描画材料にレンズ8を通して、レーザ光7を照射すると、光吸収熱変換層3の作用によりその一部5の温度が上昇し、この熱によって光及び熱感応性物質層の一部6が反応する。この図においてはレーザ光7を基板1の側から照射しているが、所望ならば光及び熱感応性物質層4の側から照射することができる。基板保護層2は、光吸収熱変換層3で発生した熱から基板1を保護するために設けられているが、基板自体が耐熱性を有する場合には、特に設ける必要はない。

【0012】このようにして、集光された光は、光吸収熱変換層3で吸収され、熱に変換される。図2は、このときに光吸収熱変換層3上の集光された光のスポット内

の光強度の分布を示すグラフで、このようにガウス分布となっている。そして、スポット中心の光強度が強いため、光吸収熱変換層3の温度分布もガウス分布になる。光及び熱感応性物質として所定温度以上において反応を起す物質を用いると、光の強度を調整することにより、スポット中心部のみで選択的に反応させることができ、したがって回折限界をはるかに越えた領域で熱反応を起こさせることができる。次いで、この反応した領域をエッチングして除去するか、あるいは逆にその他の領域を除去することにより微細パターンを形成することができる。

【0013】図3は、光及び熱感応性物質層4が急激な温度上昇するのを防止するため、光吸収熱変換層3との間に熱保護層9を設け、かつ光及び熱感応性物質層4が熱による変形、蒸発、膨張するのを防ぐためにその上にキャップ層10を設けた構造の例を示す断面説明図である。光吸収熱変換層3は、光を吸収して数100℃に達することがあり、その際、光及び熱感応性物質層4が蒸発したり変形するのを防ぐ役割を果たすものである。この場合、基板1、光吸収熱変換層3、光及び熱感応性物質層4の組み合わせによっては、熱保護層9のみにしたり、キャップ層10のみにすることもできる。このキャップ層10の厚さは通常5～200nmの範囲内で選ばれるが、加工寸法や光及び熱感応性物質層4の材質によっては、さらに薄くしたり厚くすることもできる。

【0014】これらの構造をもつ、本発明の微細パターン描画材料における基板1としては、一般にリソグラフィー法により電子、電気部品を製造する際に、基板として通常用いられているものの中から任意に選んで用いることができる。このようなものとしては、例えば、ケイ素、タンタル、アルミニウム、ガリウム、ヒ素、ガラス板のような無機質基板やポリプロピレン、アクリル樹脂、ポリカーボネート、スチレン系樹脂、塩化ビニル系樹脂などのプラスチック基板などがある。そのほかアルミニウム、タンタル、酸化ケイ素などの無機質基板やガラス板上にアルミニウムやタンタルを蒸着したものや光硬化性樹脂層で被覆したものも用いることができる。

【0015】また、光及び熱感応性物質層4の材料としては、加熱又は活性光の照射により、性質が変化して、現像処理によりパターンを顕出する性能をもつ物質であればどのようなものも用いることができる。このようなものとしては、例えばこれまでリソグラフィー法により電子、電気部品を製造する際に用いられていたポジ型及びネガ型のホトレジストを挙げることができるが、特に最近、微細パターン形成用として開発された化学増幅型ホトレジストが好ましい。

【0016】この化学増幅型ホトレジストは、一般に酸の作用によりアルカリ可溶性になる樹脂成分と、放射線の照射により酸を発生する酸発生成分とからなるホトレジストであり、これまで感度、解像性、焦点深度幅特性

及び引き置き経時安定性を向上させ、かつ断面形状の良
 好なパターンを与えるように種々の組成物が提案されて
 いるが（例えば特開平5-346668号公報、特開平
 7-181677号公報、特開平10-97074号公
 報、特開平10-171109号公報、特開平10-2
 07069号公報、特開平11-15162号公報、特
 開平11-15158号公報参照）、本発明の微細パ
 ターン描画材料においては、これらのいずれを用いてもよ
 い。

【0017】そのほか、アルカリ可溶性ノボラック型樹
 脂とキノンジアジド基含有化合物とを主成分とする非化
 学増幅型ホトレジスト（例えば米国特許第437763
 1号明細書、特開昭62-35449号公報、特開平1
 -142548号公報、特開平1-179147号公報
 参照）、含窒素複素環ポリマーとキノンジアジド基含有
 化合物とを主成分とする非化学増幅型ホトレジスト（例
 えば特公平1-46862号公報、特開平4-4634
 5号公報参照）なども用いることができる。

【0018】次に、光吸収熱変換層3の材料としては、
 光を吸収して熱に変換する機能をもつものであればどの
 ようなもので用いてもよい。このような材料としては、
 例えば、DVD-RAMの記録層として用いられている
 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ のようなGe-Sb-Te合金や、S
 b金属、Ag-In-Sb-Te合金、Ag-In-S
 b-Te-V合金のような合金、ニオブ酸リチウム、メ
 チルニトロアニリンのような化合物がある。

【0019】本発明の微細パターン描画材料における光
 及び熱感応性物質層4の厚さとしては、10～1000
 nm、好ましくは50～200nmの範囲内が選ばれ
 る。また、光吸収熱変換層3の厚さとしては5～300
 nm、好ましくは10～150nmの範囲内が選ばれ
 る。光吸収熱変換層3の厚さは、使用する光の波長及び
 材質に依存するため、必ずしもこの厚さに限定されるも
 のではない。

【0020】本発明の微細パターン描画材料には、光吸
 収熱変換層3で発生した熱により基板1がそこなわれる
 のを防ぐために基板保護層2を基板1の表面に設けるこ
 とができる。この基板保護層2の材料としては、例えば
 $\text{ZnS} \cdot \text{SiO}_2$ のような無機化合物やポリイミドのよ
 うな有機化合物が用いられる。この基板保護層2の厚さ
 としては、通常50～500nmの範囲内で選ばれる。
 この基板保護層2の厚さは、使用する光の波長及び材質
 に依存するため、必ずしもこの厚さに限定されるもので
 はない。

【0021】また、本発明の微細パターン描画材料にお
 いては、光の照射の際発生する熱による急激な温度上昇
 により光及び熱感応性物質層4がそこなわれるのを防ぐ
 ため、両者の間に熱保護層9を設けることができる。こ
 の熱保護層9の材料としては、基板保護層2と同じもの
 を用いることができる。この熱保護層9の厚さは、5～

100nm、好ましくは10～50nmの範囲内で選ば
 れる。熱保護層の厚さは、熱の広がりに影響するため、
 所望の微細寸法より薄くするのが望ましい。

【0022】本発明の微細パターン描画材料における光
 吸収熱変換層3は、数100℃に達することがあり、熱
 光反応体の変形や蒸発を招くことがあるので、これを防
 ぐためにキャップ層10を設けることができる。このキ
 ャップ層10の材料としては、透明プラスチックや透明
 ガラスなどが用いられる。また、このキャップ層10の
 厚さは、5～200nm、好ましくは10～50nmの
 範囲内で選ばれるが、キャップ層10は現像に先立って
 取り除かれるため、必ずしもこの厚さに限定されるもの
 ではない。

【0023】次に、図4は、本発明の微細パターン形成
 方法の1例を示す工程図である。すなわち、基板1、基
 板保護層2、光吸収熱変換層3、熱保護層9、光及び熱
 感応性物質層4を順次積層してなる微細パターン描画材
 料に、先ず活性光7、例えばレーザー光を照射して光吸
 収熱変換層3の一部5において熱を発生させ、光及び熱
 感応性物質層4の一部6で反応を行わせると、この部分
 はもはや光に感応しない物質に変化する（a）。そこ
 で、次に別の活性光例えば青色光7'を前面にわたって
 照射すると（b）、前記の6以外の部分6'が反応し、
 現像液に溶解する物質に変化する（c）、現像処理
 すると6の部分のみが残り、微細パターンが形成される
 （d）。この際の活性光7と7'は必ずしも異なったも
 のである必要はなく、所望ならば同一のものを用いてよ
 い。

【0024】次に図5は、本発明の微細パターン描画方
 法と既存の光リソグラフィー法とを組み合わせる異な
 る寸法部分をもつ微細パターンを形成する例を示す工程図
 である。この例では、基板をシリコンに代表される半導
 体基板とし、かつ光吸収熱変換の役割も基板が兼ねてい
 る。半導体基板への光吸収熱変換層からの汚染の可能性
 がなければ半導体基板と光及び熱感応性物質の間に、光
 吸収熱変換層を設けてもよい。半導体の微細加工におい
 ては、すべての加工を最小寸法レベルで行うわけではな
 い。そこで寸法の小さい部分を本発明の描画方法で行
 い、寸法が大きい部分を光リソグラフィー法で行うのが
 好ましい。すなわち、先ず光リソグラフィー法によりマ
 スクパターン11を介して、微細パターン描画材料に対
 する露光処理を行って、光及び熱感応性物質層4に第一
 潜像部12を活性光7'により描画し（a）、次いで非
 潜像部4'に本発明の描画方法に従い、活性光7を照射
 し、第二潜像部13を描画する（b）。そして、最後に
 現像すると、光リソグラフィー法によるパターン12'
 と本発明の描画方法によるパターン13'を有する微細
 パターンが得られる（c）。しかしながら、場合によっ
 ては、本発明の描画方法を行ったのち、光リソグラフィ
 ー法を行うこともできる。

【0025】また図6は、試料全体を加温しながら加工する例を示す断面説明図であり、基板1、基板保護層2、光吸収熱変換層3、光及び熱感応性物質層4からなる微細パターン描画材料はヒーター14で加温され、レンズ8を通して照射されるレーザー光7により加工される。このように、加温しながら加工することにより、レーザー光の出力を低くすることができ、したがって急激な温度上昇を防ぐことができる。この際の加熱温度としては、50～100℃の範囲が好ましい。この加温は、ヒーターの代りにレーザー光の照射を用いてもよい。

【0026】本発明の微細パターン描画方法における光源としては、一般の微細パターン描画の際に使用されている各種活性光の中から必要に応じて適宜選んで用いることができる。このような活性光としては、可視光、深紫外光、電子線、i線、g線、KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザーなどがある。また、本発明方法においては、基板側からレンズを通して短波長の活性光を照射すると同時に、その反対側から長波長の活性光を照射することもある。このようにすると、長波長の活性光により光及び熱感応性物質層が熱せられ、短波長の活性光との相乗効果により光及び熱感応性物質の化学変化が促進される。

【0027】

【実施例】次に、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によってなんら限定されるものではない。

【0028】実施例1

図1に示す構造における基板1としてポリカーボネート製ディスク基板(厚さ0.6mm)を、基板保護層2としてZnS・SiO₂(厚さ200nm)を、光吸収熱変換層3としてGe₂Sb₂Te₅層(厚さ15nm)を、光及び熱感応性物質層4として厚さ100nmのポジ型ホトレジスト層(クラリアント社製、製品名「AZ5214-c」)をそれぞれ用い、微細パターン描画材料を調製した。次に、この材料をディスクの上に載置し、その基板側から波長635nmのレーザー光を照射した。この際の光学系の開口数は0.6、使用した波長は635nmであり、回折限界は、530nmであるので、熱を用いずに、光で直接反応させた場合は、これ以下の寸法の微細パターンを描画することはできない。次に、光ディスクドライブテスターを用いて、この材料を線速6m/sで回転させ、絞った出力3mWのレーザー光を10秒間照射したのち、常法に従って現像した。このようにして得た微細パターンを原子間力顕微鏡(Atomistic Force Microscope)で観察した結果を図7に写真図で示す。この図では、微細パターンが、ランド上に白線として示されている。このものの寸法は、幅140nm、高さ30nmであった。

【0029】実施例2

単結晶シリコン基板1上に、実施例1と同じポジ型ホ

トレジストを用いて、厚さ50nmの光及び熱感応性物質層4を形成させた。次いで、その上に実施例1で用いたのと同じ光吸収熱変換層3を積層して、微細パターン描画材料を製造した。次に、図8に示す方法により半導体レーザー光7を用いて直線描画を行った。図中の15はミラーである。このようにして露光処理したのち、エッチングにより光吸収熱変換層3を剥離し、次いで現像することにより微細パターンを得た。

【0030】

10 【発明の効果】本発明の微細パターン描画材料及び微細パターン描画方法は、全く新しい原理に基づくものであり、これによれば、大規模な装置を用いる必要がなく、しかも回折限界よりもはるかに小さい微細加工を行うことができる。また、従来方法の欠点となっていた、急激な熱上昇によるレジスト材料の変形や蒸発を伴うことがない上に、既存の光リソグラフィー法と組み合わせを行うことができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】 本発明の微細パターン描画材料の構造例を示す断面説明図。

【図2】 光吸収熱変換層の光スポット内の光強度分布を示すグラフ。

【図3】 本発明の微細パターン描画材料の別の構造例を示す断面説明図。

【図4】 本発明の形成方法の1例の工程図。

【図5】 光リソグラフィー法と組み合わせた本発明のパターン形成方法の例の工程図。

【図6】 加温しながら行う本発明の描画方法の説明図。

30 【図7】 実施例で得た微細パターンの原子間力顕微鏡写真図。

【図8】 半導体レーザーを用いて直接描画を行う本発明の描画方法の説明図。

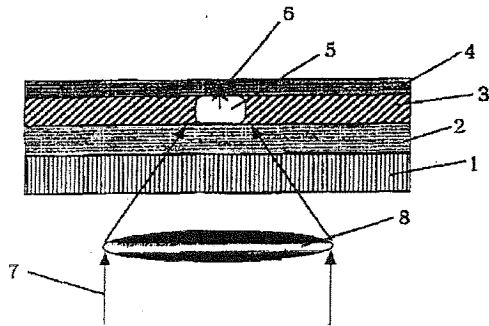
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 基板保護層
- 3 光吸収熱変換層
- 4 光及び熱感応性物質層
- 4' 非潜像部
- 40 5 光吸収熱変換層の温度上昇域
- 6, 6' 光及び熱感応性物質層の反応域
- 7, 7' 活性光
- 8 レンズ
- 9 熱保護層
- 10 キャップ層
- 11 マスクパターン
- 12 第一潜像部
- 13 第二潜像部
- 12', 13' パターン
- 14 ヒーター

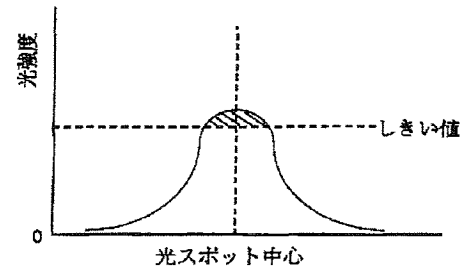
15 ミラー

9

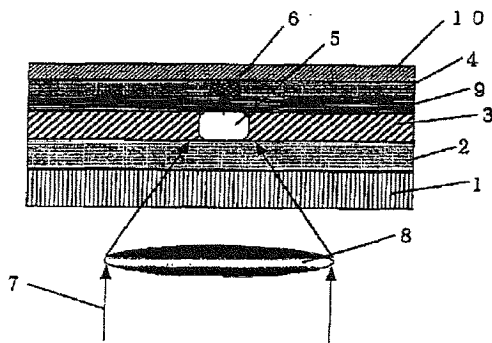
【図1】



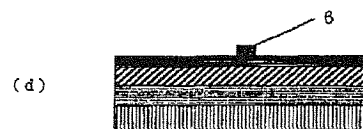
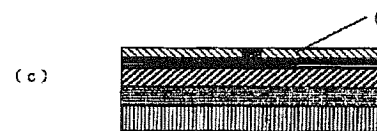
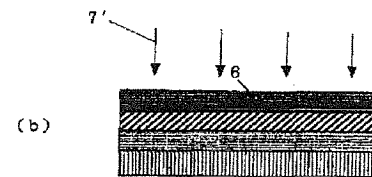
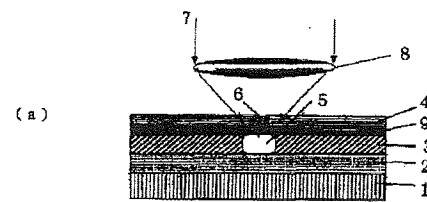
【図2】



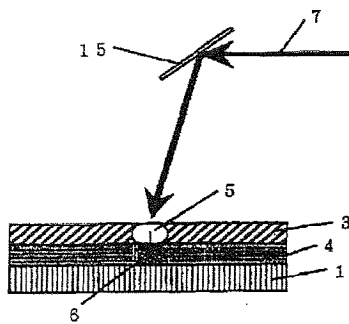
【図3】



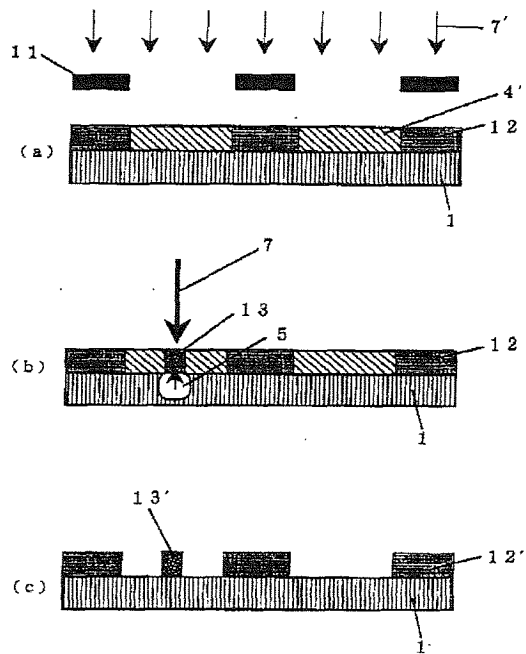
【図4】



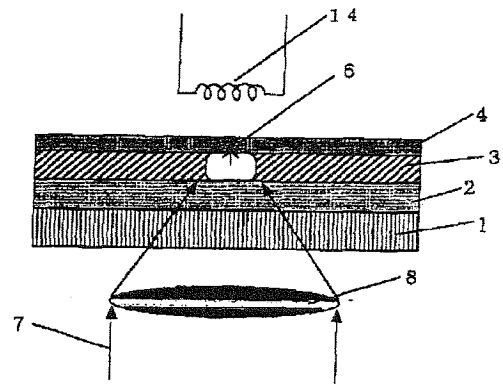
【図8】



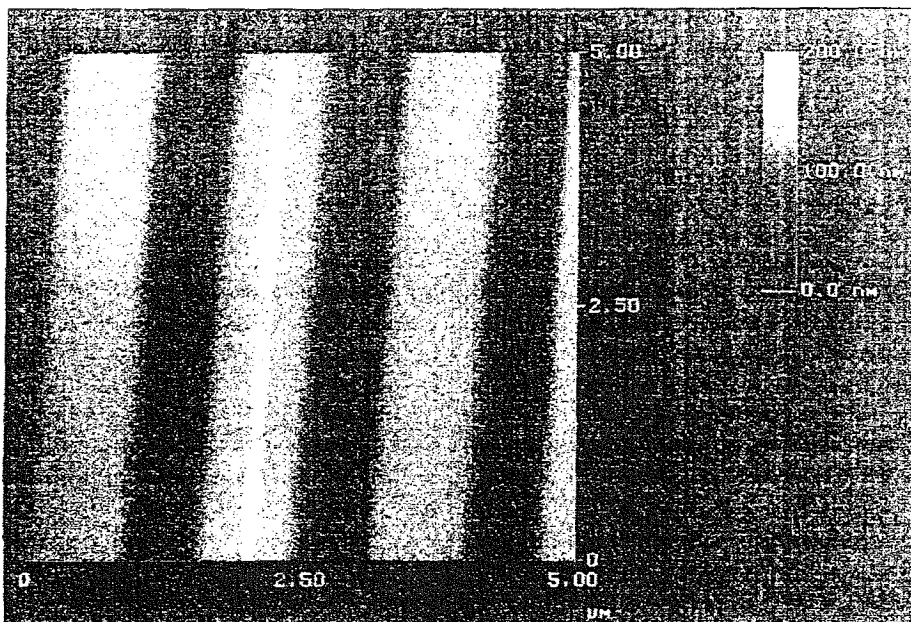
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 桑原 正史

茨城県つくば市東1丁目1番地1 独立行
政法人産業技術総合研究所つくばセンター
内

(72)発明者 中野 隆志

茨城県つくば市東1丁目1番地1 独立行
政法人産業技術総合研究所つくばセンター
内

(72)発明者 富永 淳二

茨城県つくば市東1丁目1番地1 独立行
政法人産業技術総合研究所つくばセンター
内

(72)発明者 阿刀田 伸史

茨城県つくば市東1丁目1番地1 独立行
政法人産業技術総合研究所つくばセンター
内

(72)発明者 クリストフ ミハルシア

茨城県つくば市東1丁目1番地1 独立行
政法人産業技術総合研究所つくばセンター
内

(72)発明者 藤 寛

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72)発明者 菊川 隆

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
ーディーケイ株式会社内

Fターム(参考) 2H025 AA02 AB16 AB20 AC08 AD03

BB03 DA01 DA31 DA40 FA04

2H096 AA25 AA30 BA09 CA20 EA04

EA12 KA30

2H097 AA03 CA17 GB04 LA10